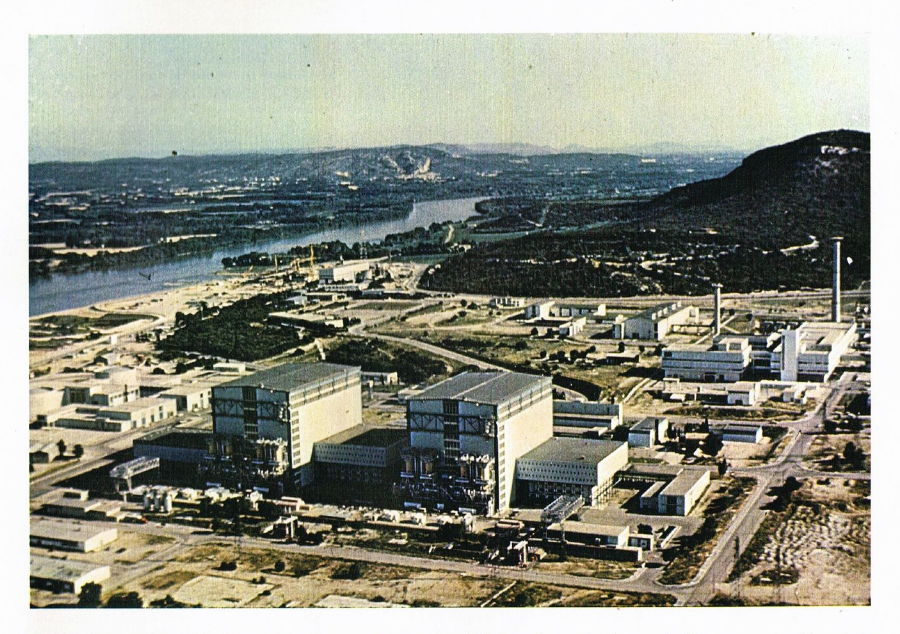


Central atómica de Marcoule (Francia), en la que se obtiene electricidad mediante el calor producido en una reacción atómica en cadena.

La técnica de nuestro siglo

por LORENZO GUILERA

La técnica es un conjunto de procedimientos adquiridos por el hombre, destinados a servir a una ciencia o a un arte para el aprovechamiento de los materiales y energías de la Naturaleza y en vistas a la transformación de ésta. Por ello se comprenderá que las técnicas sean muchas y varias, simples y complejas, en función de los fines a que se destinen.

La técnica deja de ser algo empírico al incorporar los conocimientos adquiridos por experiencias, observaciones y prácticas variadas. Se va volviendo compleja y abandona lo rudimentario. La complicación de los procesos técnicos fuerza al abandono de la accidentalidad en los descubrimientos y primeras técnicas y a la incorporación de la casualidad y el saber científico en la técnica, o sea a la aparición de la tecnología como estudio de la técnica, como estudio de los métodos científicos aplicados a las maneras de producir.

En la actualidad, la ciencia y la técnica se funden y originan nuevas ramas industriales.



Corte de un automóvil mostrando el motor del mismo. La explotación del motor de combustión interna ha permitido el gran auge de la industria automovilística.

Así ocurre, por ejemplo, con la industria eléctrica y con la industria química.

Con el gran desarrollo técnico del siglo XX se abre el período de la tercera revolución industrial, revolución que reviste unos caracteres específicos esencialmente distintos a las características del avance tecnológico realizado hasta entonces. La inventiva y el esfuerzo personal abren paso al trabajo en equipo, al trabajo planificado. El gran auge de los medios de comunicación permiten transmitir en pocos segundos información a los lugares más alejados del globo y fuera de él, con lo que se evita el aislamiento, y este avance tecnológico incide sobre la tecnología misma multiplicando todas las posibilidades de su desarrollo.

De este modo, muchos de los modelos clásicos de entender el avance de la tecnología quedan superados, ya no son obra de unos cuantos personajes, sino fruto de labores planificadas, ayudados por centenares de datos e informaciones.

Se desarrollan al máximo, en todas las ramas industriales, las adquisiciones del siglo XIX. El trabajo científico-técnico se racionaliza en gran medida y la labor de investigación se nutre previamente de avances tecnológicos realizados en campos de investigación a veces totalmente distintos del que se está estudiando. Igualmente en la industria se llega también a altos grados de planificación y al máximo desarrollo de la producción mediante el trabajo en serie, mediante procesos de producción controlados por computadoras, por la introducción de maquinarias muy perfeccionadas y por la creciente automatización.

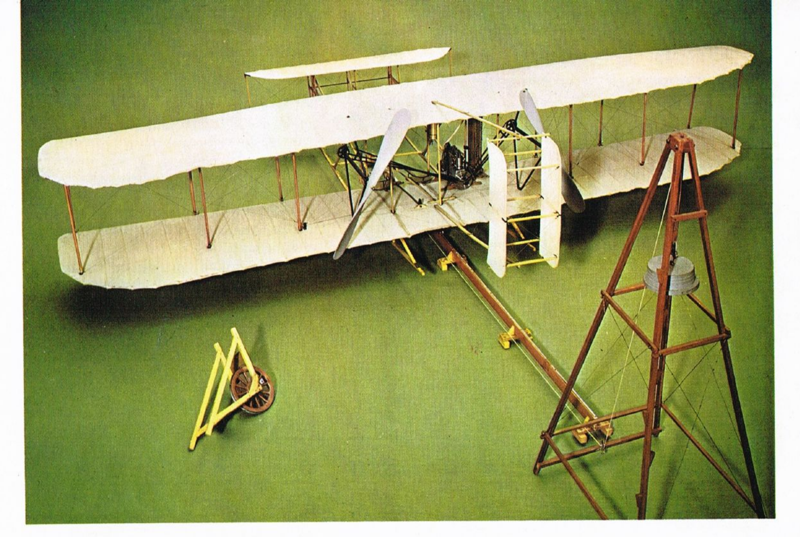
Antes se trataba de trazar las conexiones entre la ciencia-técnica-industria; ahora, por el contrario, en muchas ocasiones se consideran estas conexiones por separado, precisamente para no perderse en el marasmo de interconexiones de cada técnica con cada rama de la industria y con el saber científico.

El aprovechamiento al máximo de los recursos naturales, la explotación de las fuentes energéticas tradicionales y el inicio de otras fuentes de energía, la fusión de la tecnología con la industria, la tendencia hacia la automatización, las cadenas de control, etcétera, son otras tantas características de la tecnología de nuestro siglo.

Uno de los ejemplos más claros de cómo la tecnología actual explota al máximo todos los recursos conocidos lo tenemos en la utilización masiva del motor de combustión interna, ya descubierto en el pasado siglo. El motor de explosión por tiempos, el motor Diesel, los motores de turbina de gases y las diversas variantes de motores de combustión interna son ejemplo de la utilización de esta forma de energía y uno de los acontecimientos que más han contribuido a modificar la industria, tanto en el sentido de su utilización como motores en el proceso de producción, como en la producción de estos motores. Desde la aparición de los primeros motores de gasolina y Diesel, varios han sido los fenómenos producidos: el surgimiento de una de las industrias más potentes, la del automóvil, con su consiguiente amplia repercusión en los medios de transporte, la explotación exhaustiva y agotadora de las fuentes de combustible, desarrollando toda la industria extractiva de petróleo, y la utilización de los motores de combustión interna en las más variadas industrias y en diversos campos tecnológicos.

La industria automovilística ha sido la que más ha contribuido a la explotación de los motores de combustión interna, junto con la aeronáutica, pero precisamente por la formación de estos grandes complejos industriales preparados para construir estos tipos de motores ha sido y es una fuerza para el desarrollo de nuevas posibilidades en los motores.

Un caso similar es el de la industria, que se vería muy seriamente afectada si hubiesen salido nuevos tipos de motores fácilmente comercializables que pudieran sustituir a los modelos ya clásicos de los motores de combustión interna alimentados por combustibles derivados del petróleo. Para ello se han seguido, dentro del campo de las investigaciones, intentos de perfeccionar este tipo de motores introduciendo el motor rotativo, que



Modelo del biplano "Wright M", de 1908 (Museo de la Ciencia, Londres). La aviación también fue posible gracias a la evolución del motor de combustión interna.

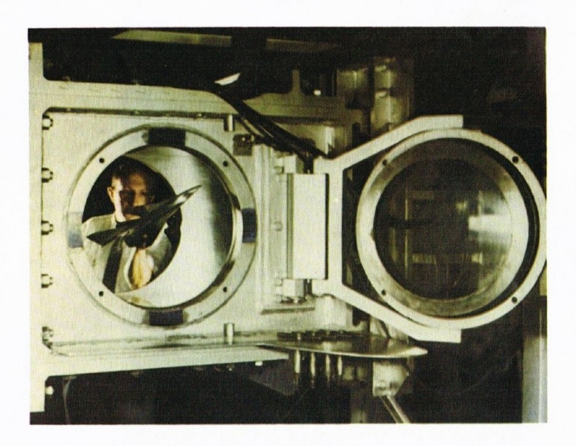
en esencia viene a ser lo mismo que el motor clásico de cuatro tiempos, pero en el que la combustión rápida o explosión del combustible se realiza en un estátor con una cámara, en el que se halla un rotor triangular con movimiento de giro y desplazamiento circular.

Desde el globo aerostático de los hermanos Montgolfier hasta la aparición del primer aeroplano de los hermanos Wright se habían sucedido infinidad de polémicas. Dos teorías rivalizaban en el campo de la aeronáutica: la de la supremacía de lo ligero sobre lo pesado y la inversa. Dentro de la primera se había desarrollado en el siglo XIX el globo aerostático y los enormes dirigibles, como los del conde Zeppelin. Las tesis que reivindicaban la supremacía de los cuerpos más pesados que el aire sólo podían llevarse a cabo al disponer de motores que requerían dos características: ser potentes para poder elevar un armazón y ser al mismo tiempo ligeros.

Desde el estudio sobre el vuelo de las aves de Leonardo da Vinci, en 1505, hasta las máquinas volantes movidas a vapor, lo que faltaba era un motor que pudiese transformar algún tipo de energía en trabajo capaz de mover un dispositivo de hélices. Sólo el gran avance tecnológico en el campo de los motores de combustión interna pudo ofrecer la posibilidad de la aviación. Y cuando los hermanos Wright demostraron experimentalmente la posibilidad de la aviación, grandes empresas financieras se volcaron a explotar el nuevo invento, que luego serían las necesidades militares, en la primera Guerra Mundial, las que se encargarían de desarrollarlo.

La aparición de la aeronáutica ha repercutido ampliamente en muchos sectores de la ciencia, la técnica y la economía. La aeronáutica no sólo ha significado un gran esfuerzo en la construcción y diseño de aviones y aeronaves, sino que implica todo un sistema de organización en tierra y toda una serie de conocimientos científicos al servicio de la aeronáutica. Tal es el caso de la aerodinámica, parte de la hidromecánica o mecánica de fluidos y que incluye muchas y diversas disciplinas y estudios que se han desarrollado prácticamente en nuestros días. El estudio del movimiento de los gases ha tenido en O. Reynolds y E. Mach a sus más relevantes investigadores, y con ello han abierto nuevos campos a la física. La experimentación de la aerodinámica se efectúa en los túneles aerodinámicos, en los que se somete un cuerpo fijo a corrientes de aire. El estudio de las diversas fuerzas que actúan sobre este cuerpo permite calcular la finura aerodinámica *K*, que es la relación entre la fuerza de sustentación del avión y la fuerza de resistencia al avance. El número de Mach indica la velocidad del avión con respecto al sonido, dividiendo la aerodinámica en subsónica y supersónica.

Los estudios sobre las ondas de choque, la termoaerodinámica, las teorías de perfiles y alas, sobre las capas límites y viscosas, etc.,



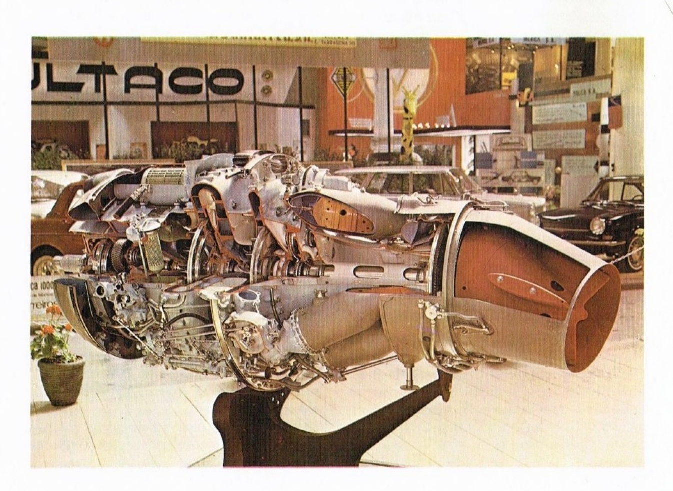
La aviación ha contribuido asimismo al desarrollo de ciertas disciplinas, como la aerodinámica. Aquí vemos probar un tipo de avión en un túnel de viento.

son algunos de los avances más importantes que han aparecido en la ciencia y en la tecnología asociada a la aeronáutica.

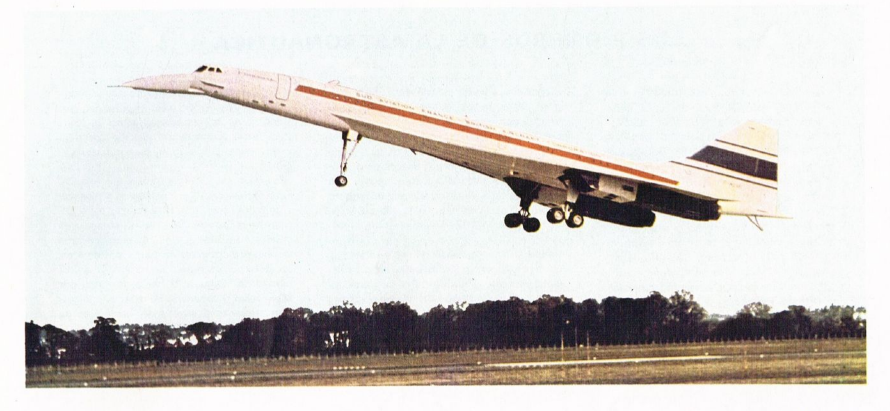
El caso de los motores aeronáuticos ha sido lo que más ha contribuido al desarrollo de los motores de turbina y especialmente a los turborreactores, en los que uno o más compresores y turbinas se asocian para utilizar la energía de los gases producidos por rápidas combustiones; la propulsión a reacción, igual que la industria del automóvil, ha tenido gran importancia para el incremento de la obtención de combustibles derivados del petróleo y, al igual que la astronáutica, tiene un destacado papel en la búsqueda de nuevas aleaciones metálicas para la construcción de las aeronaves y astronaves.

Desde el punto de vista de sus orígenes, la astronáutica presenta un carácter marcadamente distinto del de la aviación, ya que no se trata de experimentaciones "amateurs", sino que tiene una sólida base científica y está apoyada por grandes entidades financieras y estatales. No obstante, al igual que ha pasado y sigue ocurriendo con la aeronáutica y muchos adelantos tecnológicos, los grandes impulsos los han dado las necesidades militares. La segunda Guerra Mundial significó para la aviación su mayoría de edad con la incorporación del motor de reacción, promovido por el comodoro Whittle; para la astronáutica, sus orígenes se basan en la aparición de los cohetes V-2, diseñados por Werner von Braun.

La aplicación de cohetes a finalidades bélicas se remonta a sus primeros inventores, los chinos. No obstante, hasta las primeras décadas de nuestro siglo no empiezan a ser seriamente considerados como arma, basándose en los estudios teóricos de Ziolkowsky (1903), que indicó las condiciones que se re-



Motor de turbina de fabricación inglesa. El perfeccionamiento de los motores ha permitido, a su vez, el rápido desarrollo de la aeronáutica en los últimos años.



El avión "Concorde", creación franco-inglesa que recoge los más recientes descubrimientos en todas las materias que intervienen en la aeronáutica.

querían para librar a los cohetes de la gravedad terrestre, y de Hermann Oberth, en 1923, que llevó a cabo diversos ensayos. Los cohetes V-1 y V-2, que se construyeron en Alemania en las décadas de 1930 y 1940, fueron los principales precursores directos del gran desarrollo de la astronáutica; significaban la posibilidad inmediata de poder separarse de la atmósfera terrestre. Más tarde, en los Estados Unidos se diseñaron los cohetes "WAC-Caporal", los "Viking" y otros, que fueron perfeccionando las primeras y rudimentarias técnicas, solventando dificultades tecnológicas e introduciendo una nueva problemática, especialmente en lo referente a los tipos de propulsión, que es aun ahora uno de sus principales problemas.

El vencimiento de la atracción de la gravedad implica una determinada velocidad de liberación (39.320 km/h), de tal modo que, lograda ésta, la nave puede sustraerse a la gravitación y describir una trayectoria hiperbólica, mientras que si ésta es inferior, la nave se convierte en satélite, orbitando alrededor de la Tierra en trayectorias elípticas y pudiéndose mantener en órbitas normales de satelización (entre 200 y 400 km de altura sobre la Tierra) a una velocidad de equilibrio de 28.800 km/h.

Para conseguir esta velocidad de liberación es necesario disponer de unos medios adecuados de propulsión con los que dotar a los cohetes.

Ya hemos visto que éste es uno de los principales problemas que tiene que afrontar la astronáutica y hasta ahora se han utilizado y estudiado diversos tipos de propulsión: la basada en combustibles y comburentes (propergoles) de tipo químico, los sistemas de propulsión que utiliza la energía nuclear, la propulsión iónica, la propulsión basada en el plasma y la propulsión fotónica.

En la actualidad se emplean generalmente en los lanzamientos el sistema de propulsión químico, aunque de rendimiento muy bajo, pero es el único que está en condiciones reales de explotación. Todos los demás sistemas están en fase experimental y de estudio. La propulsión química utiliza propergoles, que constan de una mezcla de algunos combustibles, generalmente gasolina, amoníaco e hidracina, con comburentes (sustancias que activan la combustión), que suelen ser el oxígeno líquido o el agua oxigenada. La combustión de propergol origina un gran número de partículas que son inyectadas, lanzadas, a gran velocidad en la tobera. Este sistema permite una velocidad de eyección de algo más de 5000 m/seg. de velocidad, alcanzando temperaturas de 1800° C y hasta 3200° C. El rendimiento térmico y el rendimiento propulsor, rendimiento para convertir la energía quemada en el sistema de potencia propulsora y rendimiento en el empleo de esta potencia para mover la nave, respectivamente, son pequeños, por lo que es necesario crear cohetes propulsores dotados de "cuerpos" o escalones. Una vez un escalón ha agotado el propergol de sus motores-cohetes, se separa del siguiente, que empieza su actuación.

Para el lanzamiento de naves-satélites se utiliza un conjunto de dos o tres escalones, y para el de naves espaciales, cinco o seis es-

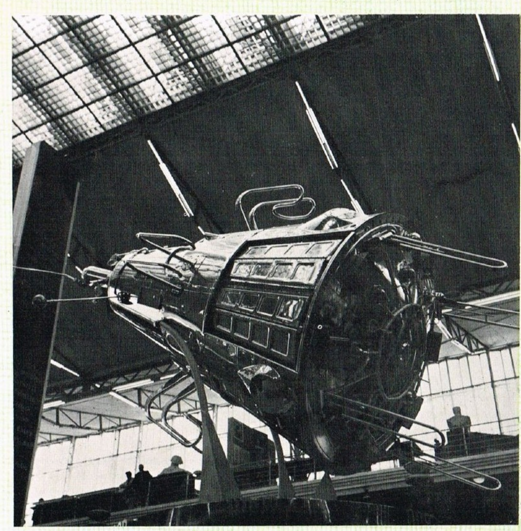
LOS PIONEROS DE LA ASTRONAUTICA

Las primeras ideas de utilización de cohetes para explorar y estudiar las capas superiores de la atmósfera y el espacio e impulsar naves espaciales hay que buscarlas en el último tercio del pasado siglo.

Hermann Ganswidt y los rusos Konstantin Tsiolkovsky e Iván Meshtcherski fueron los primeros que introdujeron en el terreno científico las primeras ideas y métodos científicos, especialmente matemáticos, para el estudio y cálculo de trayectorias y rutas. Mas para verificar estos cálculos e ideas sería necesario que otros científicos y experimentadores desarrollasen en la práctica docenas de ensayos. Éstos se realizaron ya en nuestro siglo.

El ingeniero alemán Walter Hohmann aportó nuevos cálculos y estudios de trayectorias, descubriendo y demostrando que las trayectorias tangentes a los planetas de origen y destino eran, a pesar de ser más largas que las secantes, las que consumían menos combustible. El problema de los combustibles era uno de los más importantes que se presentaban para la realización práctica de cohetes suficientemente potentes como para poder alcanzar la velocidad de liberación y ponerse en órbita. En este sentido se dirigieron la mayoría de las investigaciones. Tanto el francés Robert Esnault-Pelterie como el americano Robert H. Goddard dedicaron gran parte de sus esfuerzos y de sus investigaciones a resolver este problema. Esnault-Pelterie intuyó ya en los años veinte las enormes posibilidades de la energía nuclear, y Goddard –que fue el gran precursor de la astronáutica americana– fue el primero que lanzó con éxito un cohete impulsado con combustibles y comburentes líquidos en 1926. Asimismo fue el primero en utilizar giroscopios para dar estabilidad a los cohetes. Tiene en Estados Unidos un centro de investigación espacial que lleva su nombre. Por su parte, se debe a Esnault-Pelterie el término de *astronáutica.*

El 25 de junio de 1894 nacía el hombre que quizás ha dado mayor impulso a toda la astronáutica: Hermann Oberth. Cursó estudios de medicina en la universidad de Munich, aunque su verdadero interés y vocación se centraron en las matemáticas y en la astronáutica. La interferencia en su vida de la primera Guerra Mundial le sugirió la posibilidad de utilizar los cohetes como arma. No obstante, el final de la guerra sobrevino antes de que pudiese llevar a la práctica los numerosos proyectos que ya tenía plasmados en planos y cálculos. Sus contribuciones teóricas fueron notables. Al igual que Goddard, creyó en la supremacía de los combustibles líquidos, diseñó cohetes, imaginó satélites artificiales tripulados, etc. Aunque su mayor contribución la haría más tarde como orientador de los nuevos proyectos de cohetes-arma para el ejército alemán.



La idea de la exploración del espacio tuvo rápidamente gran difusión y aceptación entre determinados círculos, especialmente en Europa. Se crearon sociedades diversas, revistas y publicaciones, centros de experimentación de estas sociedades, etcétera. La sociedad alemana VfR, o Sociedad de Viajes al Espacio, fundada por Max Valier y Johannes Winkler, fue la que popularizó y divulgó más las ideas de Oberth y en general la posibilidad de la exploración del espacio, junto con la famosa película de Fritz Lang *Mujer en la Luna,* en la que se describía con absoluta fidelidad la trayectoria a seguir por una nave espacial que llegase a la Luna, la misma que luego seguiría el Apolo VIII, y se introdujo el término de "cuenta regresiva". Paralelamente y en otros países, especialmente en Austria, Francia, Estados Unidos y Rusia, se crearon también diversas sociedades similares y se instituyeron los primeros congresos de astronáutica. En Rusia, ya desde los primeros iniciadores, se fue siguiendo un proceso de desarrollo relativamente autónomo del de los otros países. Friedrich Arturovich Tsander fue el gran precursor moderno de la astronáutica soviética, junto con Mihail Tikhonraov, lanzando los primeros cohetes OR-1, OR-2 y el ORM-50.

De todas maneras, fue en Alemania donde más se desarrollaron todos los avances científico-técnicos en el campo de los cohetes. Los intereses militares alemanes llevaron al gobierno a crear un centro de experimentación. Walter Bornberger se encargó de formar este centro y contratar a los científicos y personal necesario. De entre las figuras más importantes que formaron parte de este centro experimental de Kummersdof y más tarde en Peenemünde se encontraban el joven miembro de la VfR, Werner von Braun, Heinrich Grünov y Walter Riede, con la importante colaboración de H. Oberth. El primer cohete que lanzaron fue llamado "Agregado 1.°" o A-1, siguiendo luego una serie de estos cohetes: el A-2, el A-3 y el famoso A-4, conocido como V-2. Éste puede considerarse como el verdadero precursor de los modernos y gigantescos cohetes impulsores de las naves espaciales y satélites artificiales. Tenía 14 m de altura por 1,65 de diámetro, e iba equipado con tanques de combustible líquido (3500 kg de alcohol) y de comburente también líquido (5200 kg de oxígeno licuado), llevaba una carga explosiva de 1000 kg en la cabeza y pesaba en total, en el momento de ser lanzado, 12.800 kg. Algunos modelos de V-2 alcanzaron más

de 165 km de altura, unos 300 km de trayectoria parabólica horizontal.

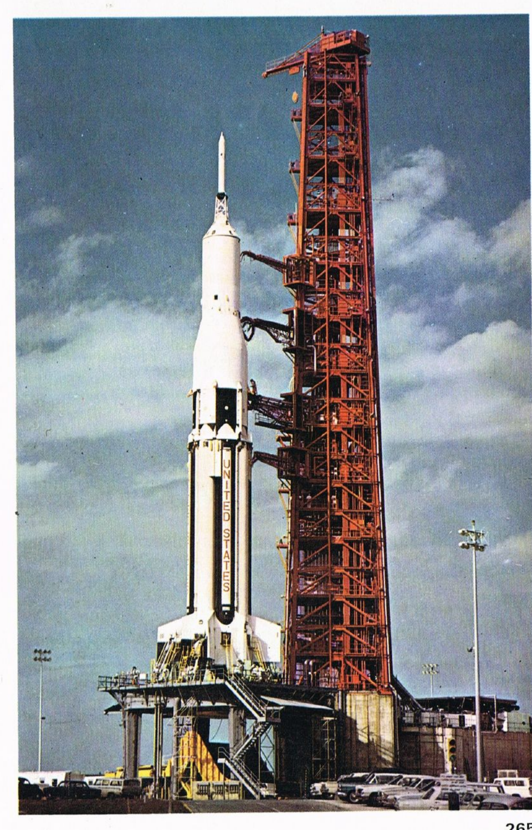
Al fin de la guerra, todos los países aliados tuvieron gran interés en encontrar el "secreto" de tan terrible arma, y los servicios de espionaje se encargaron de hacer llegar hasta sus respectivos países todos los planos y documentos al respecto. El equipo científico y tecnológico de Peenemünde se trasladó a los Estados Unidos, donde prosiguieron sus experimentos en el campo de White Sands bajo la dirección de Von Braun, en colaboración con el ejército, la marina y diversas sociedades norteamericanas, entre ellas el grupo J.A.T.O., dirigido por Kármán, desarrollando el proyecto Bumper, en el que se unificaban las experiencias americanas de los cohetes Wac Corporal (de combustible sólido) con las V-2 alemanas, logrando alturas superiores a los 113 km.

Por su parte, la Unión Soviética también se benefició de los estudios y experimentos del centro de Peenemünde, y posteriormente desarrolló nuevas iniciativas basadas en los estudios de Tsilkovsky. El desarrollo de la electrónica y de la telemetría permitieron, al fin, que en 1957 la Unión Soviética lanzase el primer satélite artificial: el Sputnik I, abriendo con ello una nueva etapa en la investigación del espacio, al mismo tiempo que todo un proceso de avances tecnológicos, y la llamada carrera de la conquista del espacio.

L. G.

calones, que, al separarse del conjunto de la nave, reducen el peso de ésta, con lo que cada escalón puede ser de menor tamaño y potencia que el precedente. La determinación de la cantidad de combustible-comburente necesario en los sistemas químicos de propulsión viene dada calculando la suma total de velocidades precisas para realizar las trayectorias previstas en el viaje. Las situaciones en las que el consumo de propergoles es mayor son en el despegue, para vencer la fuerza de atracción de la gravedad; en los cambios de trayectoria o de órbita, y en el aterrizaje basado en cohetes retropropulsores. Fácilmente se comprenderá que la utilización de este sistema de propulsión posee muchas limitaciones, ya que requiere un tipo de naves impulsoras monstruosas y pesadas, posee un bajo rendimiento, una velocidad de eyección reducida y necesita de varios cuerpos o escalones para superar la velocidad de liberación. Todo hace pensar en que en un futuro próximo se desarrollarán otros medios de propulsión que solventen estas actuales deficiencias. No obstante, la utilización de estos propergoles ha tenido una notable influencia en un importante sector de la investigación química y en la química-física. Se han tenido que buscar nuevos combustibles y comburentes, perfeccionar todas las técnicas de compresión y licuefacción de gases, especialmente del oxígeno, del hidrógeno y del nitrógeno, y en general ha significado impulsar en alto grado todo este sector de la química al servicio de la aeronáutica.

Los demás sistemas de propulsión están, como hemos dicho, en fase experimental,



Cohete espacial dispuesto para su lanzamiento. Si bien la técnica de los cohetes empezó aplicándose a la guerra, la astronáutica los empleó para las investigaciones espaciales.



Separación de uno de los escalones de un cohete una vez consumido el propergol de sus motores. La impulsión mediante escalones o cuerpos es imprescindible para mover una nave, dado que el rendimiento de potencia del propergol es pequeño.

aunque se conocen cada vez más sus bases teóricas y su tecnología. El sistema iónico de propulsión está basado en una aceleración por medio de sistemas electromagnéticos de átomos cuya capa cortical de electrones ha sido eliminada, es decir, iones. Los iones así acelerados son eyectados a una velocidad de 200.000 m/seg. La propulsión nuclear está basada en calentar a alta temperatura un gas licuado (hidráulico) que se expansiona a gran velocidad (10.000 m/seg.), utilizando para ello un reactor de fisión. El propulsor de plasma es semejante al iónico, pero eyecta por sus toberas un conjunto de partículas positivas y negativas; y el propulsor fotónico está basado en una formulación teórica que prevé la elevadísima velocidad que podría alcanzarse eyectando masas cada vez menores.

Otras cuestiones importantes a considerar que plantea la astronáutica son la determinación de las trayectorias y el cálculo y control de éstos, lo que constituye la navegación astronáutica. Se han estudiado dos tipos de trayectorias de navegación, según sean tangentes o secantes a los planetas de origen y destino de la astronave. El cálculo y proyección de estas trayectorias es otro de los problemas que ha planteado la astronáutica, haciendo desarrollar otros campos de investigación dentro de disciplinas tan dispares como la astronomía, radioastronomía, la electrónica, la cibernética y los computadores para el control en "tiempo real" de las trayectorias.

En cuanto a la recuperación de las naves espaciales, uno de los problemas que se han tenido que afrontar es el del aterrizaje, y por extensión (alunizajes, etc.) los sistemas de frenado. Para el regreso a tierra se ha tenido que estudiar todo lo concerniente a la corrección del aterrizaje, los choques con las capas atmosféricas, los altos grados de rozamiento al reencuentro de las naves con las capas de aire, los ángulos de incidencia de las naves con la atmósfera, etc., mientras que para alunizajes y llegadas de las naves a planetas sin atmósfera ha sido necesario perfeccionar un sistema de frenado directo, mediante retropropulsores, que permita a la nave posarse en la superficie de los planetas de una manera suave.

El estudio de los aterrizajes ha llevado consigo la necesidad de conseguir materiales capaces de resistir el roce y las bruscas y extremadas diferencias de temperatura, lo que implica toda una investigación acerca de tipos diversos de aleaciones metálicas y nuevos materiales plásticos en la construcción de las astronaves, de lo cual se han beneficiado las industrias aeronáutica y química en general, y la metalurgia en particular. Varias de las nuevas aleaciones han surgido de esta necesidad de búsqueda de materiales para la construcción astronáutica. De esta manera, la astronáutica presenta un doble aspecto de interés científico y tecnológico. Por una parte, implica toda una amplia gama de problemas tecnológicos a resolver, que dimanan de las necesidades del perfeccionamiento de la astronáutica en general y es una manera indirecta de resolver esta serie de problemas, tales como los ya indicados y todos los relacionados con la comunicación Tierra-nave, que llevan consigo toda una red organizada de estaciones de seguimiento, etc. Por otra parte, el interés directo que la astronáutica



Dibujo que muestra la acción del rozamiento de una nave espacial con las capas de la atmósfera.

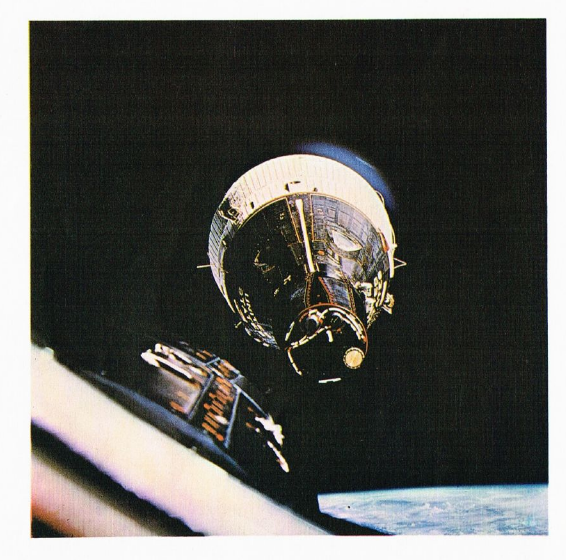
presenta a la investigación científica es el que surge de los objetivos mismos de la astronáutica en general, es decir: la investigación del espacio y todos los fenómenos poco conocidos en las altas capas de la atmósfera, el efecto de las radiaciones solares y las cósmicas en general, el estudio de meteoritos y micrometeoritos, etc.

Otros sectores que se benefician altamente de la astronáutica son la meteorología, cuyas predicciones se vuelven cada vez más rigurosas y exactas, y las telecomunicaciones, que tienen en los satélites unos inapreciables instrumentos.

Tampoco son de desdeñar las cuestiones de prestigio político y las aplicaciones militares que tiene la astronáutica, que ha recibido un gran impulso dentro del período de la "guerra fría" y que se enclava dentro de la carrera de armamentos, sólo que presentando un cariz más pacífico y aparentemente ligado a una pura investigación científica. El lanzamiento del primer "Sputnik" por la Unión Soviética en 1957 abrió este nuevo terreno de competición en el prestigio político de las grandes potencias mundiales.

La incorporación del hombre, como astronauta, a los viajes interplanetarios ha abierto también un nuevo campo de investigación dentro de la medicina, naciendo la medicina espacial, que trata problemas tales como las condiciones a que está sometido el cuerpo humano a grandes aceleraciones, el fenómeno de la ingravidez y cómo puede afectar a los tejidos humanos, estudios psicológicos sobre el comportamiento humano, la claustrofobia, la acción de las radiaciones al pasar el astronauta la barrera cósmica de radiaciones de la capa de Allen, la posibilidad de que se generen mutaciones genéticas, etc.

Si uno de los hechos fundamentales de la tecnología del siglo XX es su íntima unión con la industria, no es menos importante la tecnificación de ésta. Una de las características más acusadas de la industria actual es la producción en cadena o en serie. Esta innovación, que era ya posible en el siglo XVIII y más factible todavía en el XIX, no se introduce plenamente hasta nuestros días. De la artesanía ayudada por maquinaria se evolucionó a la producción en serie. De hecho, es más una innovación en la organización del trabajo que una innovación técnica propiamente dicha, aunque de ella hayan derivado innumerables perfeccionamientos técnicos en las cadenas de montaje. El hecho de que no sea hasta la primera mitad del siglo XX cuando se introduzca este método de producción indica, más que nada, una nueva manera de entender la industrialización, una industrialización que sea capaz de fabricar gran cantidad de objetos o máquinas complicadas a bajo costo y puedan ser absorbidas rápidamente por el mercado.

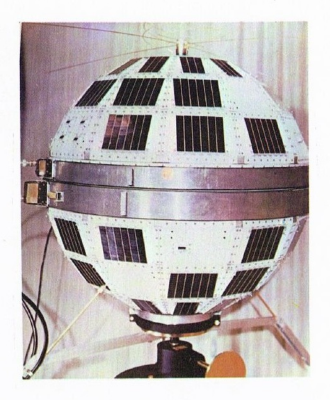


Nave espacial norteamericana "Geminis". La realización de los proyectos astronáuticos ha promovido la necesidad de variar las técnicas antiguas o bien de crear otras nuevas.

De la primitiva producción en serie se llega rápidamente, no ya a utilizar máquinas automáticas, sino a unir mediante determinados mecanismos cadenas de máquinas automáticas, de tal modo que pueda llegarse, partiendo de la materia prima, al producto totalmente manufacturado, empaquetado, precintado y controlado. Esto lleva aparejada la necesidad de combinar no sólo las máquinas automáticas, no sólo las cadenas de máquinas automáticas, sino, lo que es más importante, fábricas entre sí. Aparecen grandes empresas con numerosas filiales, con innumerables interrelaciones con otras fábricas, con grandes y complejos medios de transporte.

Se está pasando de la producción en serie a la automatización completa de la producción. La introducción de computadoras para la planificación y el control de la producción es algo muy extendido y generalizado, y ejemplo claro de los grados de automatización a que se está llegando. No sólo se simplifica al máximo el trabajo manual, sino que también se evitan esfuerzos intelectuales rutinarios en la tarea del cálculo, planificación y organización del trabajo.

Uno de los "Telstar", satélites artificiales para comunicaciones intercontinentales.



En contraste con la mayoría de industrias tradicionales nacidas de un saber empírico al que paulatinamente se ha ido dotando de los conocimientos científicos, la industria química es uno de los casos típicos de industrias nacidas sobre un conocimiento científico previo, y ha llegado a situarse, junto con la metalúrgica y la industria eléctrica, en los puestos claves de la economía. A nadie sorprende que se mida el progreso de un país por la cantidad de ácido sulfúrico que produce, como tampoco sorprende que se calcule a partir de las toneladas de acero o los kilovatios consumidos. La aparición de los polímeros y los plásticos, nuevos combustibles y técnicas de refinado, aleaciones de metales duros y resistentes, pero extraordinariamente ligeros, nuevos y poderosos tintes y colorantes, técnicas y procedimientos de conservación de alimentos, etc., han hecho de la industria química el enclave central que domina sectores de la producción tan importantes y dispersos como la industria textil, la industria alimentaria, la agricultura e incluso industrias básicas y pesadas.

La tendencia dominante dentro de la química moderna es la producción de sustancias sintéticas, lo que ha venido determinado por las necesidades industriales de conseguir en cantidades no obtenibles en la naturaleza productos químicos de elevada pureza. La antigua práctica química tendía a la fabricación de sustancias a partir de productos naturales que seguían un proceso de transformación y combinación químicas.

En la actualidad se tiende a la separación total de los elementos constituyentes de cada sustancia, para, partiendo nuevamente de ellos, llegar a síntesis de sustancias que alcanzan, de esta manera, una gran pureza. De hecho, lo que tiene más interés en la industria química, desde el punto de vista de la tecnología, son los métodos de producción. En este sentido cabe hablar de un equivalente en la química a la producción en serie de otras industrias; nos referimos a los métodos continuos, con los que se llegan a producir complicadas sustancias químicas, de elevados pesos moleculares y complejas estructuras, a partir de sus elementos constituyentes, en una cadena ininterrumpida de producción. Esto implica fundamentalmente dos requisitos: por una parte, complicadas instalaciones diseñadas por ingenieros químicos especializados y, por otra, utilización de sofisticados aparatos de control y medición. En ambos casos es de destacar la unificación de métodos dentro de la química del siglo XX, que va identificándose más a menudo con la física, teniendo cada vez más una mayor importancia la química-física, especialmente en el trabajo teórico, y utilizándose también métodos matemáticos para el estudio de las estructuras atómica y molecular de las sustancias químicas.

La complejidad de las instalaciones químicas y de los métodos continuos de producción ha determinado el nacimiento de nuevas especialidades, como la de ingeniero químico, y la introducción de diversas tecnologías en los procesos de fabricación. En este sentido es importante el papel de las computadoras para el control de procesos químicos y para la organización de los siste-

Obelisco en Moscú que conmemora el lanzamiento al espacio del "Sputnik", primer satélite artificial puesto en órbita.



mas de producción y de los servomecanismos y sistemas automáticos en los dispositivos y órganos que forman parte integrante de los métodos productivos.

La creciente utilización de catalizadores de diversos tipos y el estudio de complicados procesos de catálisis es otra característica peculiar en la química moderna.

Desde el punto de vista de las adquisiciones de la química actual, con sus diversos sectores, cabe destacar en la química inorgánica los procesos de separación de isótopos y la producción de elementos artificiales utilizando complejos sistemas tecnológicos para producirlos mediante reacciones nucleares. La química-física, como hemos dicho ya, representa el puntal teórico de la química moderna, y los intentos de explicación de los procesos de reacciones químicas, el estudio de la estructura molecular, ha incidido sobre muchas concepciones de la termodinámica clásica, lo que puede tener muchas repercusiones en la tecnología. La química orgánica es quizá la que ha experimentado un mayor desarrollo desde que Staudingen inició la química de las macromoléculas, y se dirige fundamentalmente a desarrollar los procesos de síntesis orgánica y el estudio de la química molecular.

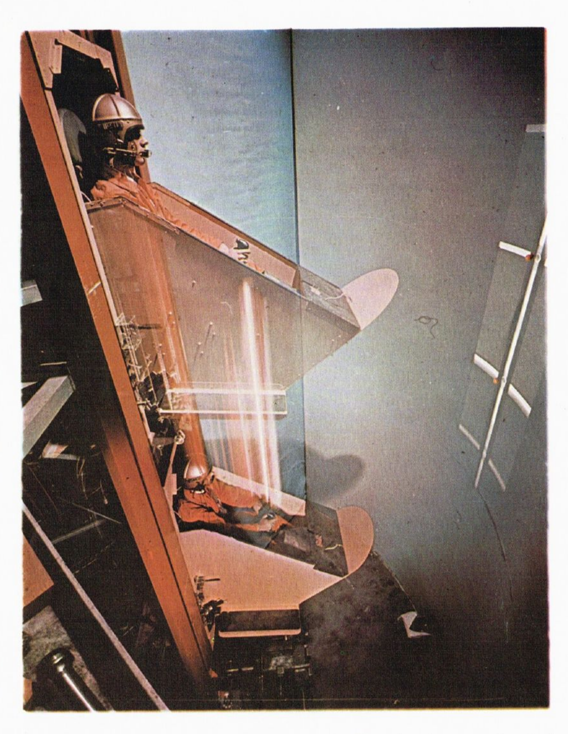
Entre las sustancias fundamentales producidas por la química moderna, aparte muchos productos utilizados como materias primas en multitud de industrias, cabe destacar especialmente los plásticos y las fibras artificiales sintéticas, las cuales son, desde el punto de vista químico, materias producidas a voluntad, polímeros o macromoléculas formadas por reacciones de polimerización de moléculas elementales o monómeros que se encadenan unos a otros. Las reacciones de polimerización son de dos clases según el proceso empleado. Polímeros de condensación, entre los que se encuentran las resinas ferólicas o norolacas, las anilinas y las poliamidas, como el nilón. Entre los polímeros de adición se hallan la mayoría de los plásticos, el polietileno y poliestireno, las resinas polivinílicas, el plexiglás y el caucho artificial.

En menos de treinta años, los plásticos y las fibras sintéticas han pasado a ocupar una posición dominante en la vida del hombre. Basta pensar la cantidad de toneladas y toneladas de estos productos que se consumen cada día para ver el papel que desempeñan la tecnología y la industria química en la vida cotidiana.

Otro tanto podría decirse del creciente papel de la industria química en la alimentación, en la producción de materias primas para todo tipo de industria, etc.

El perfeccionamiento de las técnicas extractivas y de técnicas de destilación, junto con la gran demanda de combustibles, ha originado un nuevo fenómeno mixto entre la industria química y la minería del petróleo, que se ha convertido en otro de los enclaves fundamentales de la economía y tiene muchas repercusiones en varios avances tecnológicos. Se ha originado una verdadera "fiebre del oro negro" y con ella toda una potente red de *cártels* y *trusts* que dominan el mercado mundial del codiciado mineral. Del petróleo se extraen docenas de derivados importantes, siendo por ello el de mayor rendimiento, y se llega a tales grados de explotación que las reservas mundiales se están agotando, como en su día pasó con el carbón.

La destilación fraccionada y el *cracking* son los sistemas actualmente utilizados para obtener del petróleo multitud de derivados de amplias aplicaciones industriales. Mediante



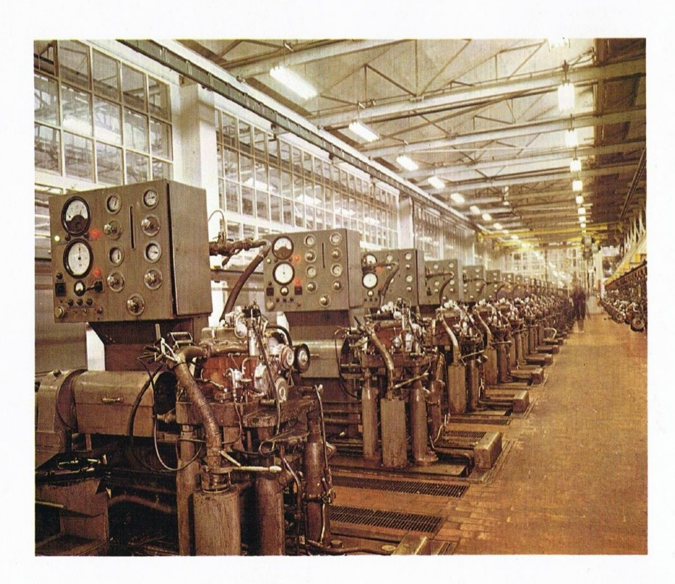
Experimentos para el control médico de las reacciones del hombre al verse sometido a los efectos de las grandes aceleraciones. La incorporación del hombre a la astronáutica ha abierto nuevos campos de investigación a la medicina.



el calentamiento a unos 500º C y bajo presión de 15 atmósferas se rompen las moléculas grandes en otras más pequeñas y de esta manera se pueden ir obteniendo diversos derivados. El *cracking* se utiliza especialmente para la obtención de la gasolina, aprovechando el rompimiento de las moléculas mayores del gasóleo en moléculas de gasolina. Algunos de los derivados que se extraen del petróleo son: gases combustibles, gasolina, gasóleo, lubricantes, vaselinas, parafinas, alquitrán y cock de petróleo. También se utiliza el *cracking* en fase de vapor para hidrocarburos gaseosos, utilizando el cloruro de aluminio como catalizador.

La industria metalúrgica ha necesitado también de la tecnología en muchos de sus procesos de fabricación. Son de destacar, por su importancia, la producción de acero, los avances en las diversas aleaciones y la creciente importancia del aluminio. En la producción del acero, la tecnología tiene un destacado papel desde las primeras técnicas, que surgen en el siglo XVIII, hasta los modernos procedimientos de los hornos eléctricos, la colada de vacío, los hornos de inducción y alta frecuencia y otras modernas innovaciones. No obstante, el proceso de obtención del acero consiste esencialmente en lo mis-

Trabajo en cadena en una fábrica japonesa de automóviles. La producción en cadena es una de las características más acusadas de la industria actual.



Máquinas de programa controlado para la comprobación de motores. La producción en serie ha llevado rápidamente a la unión de las cadenas de máquinas automáticas, con el fin de que pueda llegarse a obtener, a partir de la materia prima, el producto elaborado, precintado y controlado.

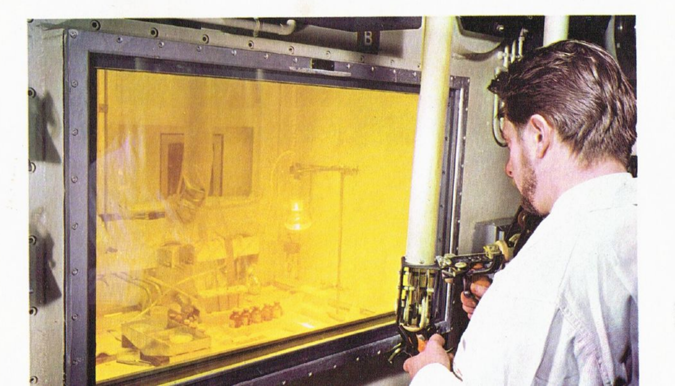
mo. Se parte del hierro obtenido en los altos hornos, que contiene hasta un 3,5 % ó 4 % de carbono e impurezas, y el proceso consiste en quemar las impurezas y descarburizar el hierro, y luego volver a recarburarlo, una vez se han separado las escorias e impurezas del arrabio, hasta el porcentaje de carbono conveniente, que depende del tipo y calidades del acero que se quiera conseguir. Se le añaden otros elementos para lograr aceros especiales, que se llaman por el nombre de los elementos añadidos: el acero al níquel, al molibdeno, al volframio, al níquel-cromo, al acero 18-8, etc. Las técnicas utilizadas suelen ser las del convertidor Bessemer, y el horno Siemens en el proceso Martin-Siemens. Para la fabricación de aceros de gran calidad se usa el horno de acero eléctrico, aun cuando es un proceso de elevados costes de producción y de escaso rendimiento.

Las técnicas de obtención del aluminio son recientes y tienen sus precursores en Oersted (1825) y Wöhler (1827), que lo obtienen de manera impura. La aplicación de técnicas y procedimientos electrolíticos se debe a Hall y Heroult, que emplean la bauxita en unos cubos electrolíticos de hierro y carbón que actúan como cátodos. El aluminio tiene un importante papel que desempeñar en un futuro próximo, y especialmente las aleaciones que de él se han derivado, sobre todo el duraluminio, de gran aplicación en aeronáutica. La ligereza, resistencia, gran poder de fracción mecánica, la resistencia a la corrosión y oxidación, junto con el hecho de ser el aluminio uno de los metales más abundantes en la naturaleza hace que ocupe los principales lugares entre las aleaciones no férricas.

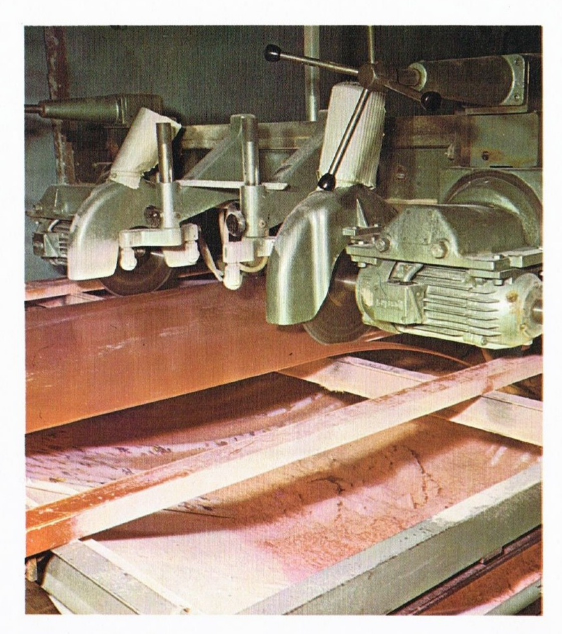
Si en el siglo XIX se dio un gran paso con la explotación de la electricidad como nueva forma de energía, en el siglo XX se multiplican por ciento las aplicaciones que se le encuentran. La industria eléctrica aparece pujante y rápidamente el empleo de la electricidad se hace vital. Nuevas y potentes centrales se encargan de proporcionar energía. Las fuentes de producción de electricidad siguen siendo fundamentalmente: el aprovechamiento de energía mecánica, en general hidráulica, en las centrales hidroeléctricas; la



Vista parcial de la factoría de fertilizantes de REPESA (España). La industria química es una de las que, a diferencia de las tradicionales, ha nacido de un conocimiento científico previo.



Manejo de materiales radiactivos por control a distancia. Dentro de la química inorgánica actual cabe señalar la importancia trascendental de la separación de isótopos y la producción de elementos artificiales mediante reacciones nucleares.



transformación de calor en electricidad en las centrales termoeléctricas, y últimamente se añade la explotación de la energía nuclear para la producción de electricidad. Si el empleo de la electricidad es fundamental, tanto para la industria en general como para la vida doméstica, y se desarrollan grandemente diversas aplicaciones de la electricidad (para producir calor, alumbrado, energía mecánica, motores eléctricos, electrodomésticos, etcétera), lo más importante es la aparición de la electrónica.

El surgir de la electrónica va aparejado con el estudio de las ondas electromagnéticas. J. Maxwell, a mediados del siglo pasado, elabora toda una amplia teoría acerca de las ondas electromagnéticas, su naturaleza y propiedades. H. Hertz continuó los experimentos de sus antecesores y lograba medir la longitud, velocidad y comportamiento de estas ondas, que podían propagarse por el espacio despreciando todo obstáculo. El conocimiento de las ondas "hertzianas" despertó rápidamente el interés de muchos investigadores, que en todas las partes del mundo realizaron gran cantidad de experimentos. Oliver Lodge en Inglaterra y Bose en la India, junto a Popov, inventor de un sistema de antena, en Rusia, fueron algunos de los investigadores más relevantes de entre los muchos que se interesaron por el tema. Pero sería un italiano, G. Marconi, el que inventase el procedimiento de transmitir y recibir

Uno de los procesos en la fabricación de planchas de cloruro de polivinilo. La industria química moderna ha creado ante todo los plásticos y las fibras artificiales sintéticas, que son resultado de la polimerización de moléculas elementales.



Departamento de acabados de una industria textil de Sabadell (Barcelona) en su sección de fibras sintéticas.

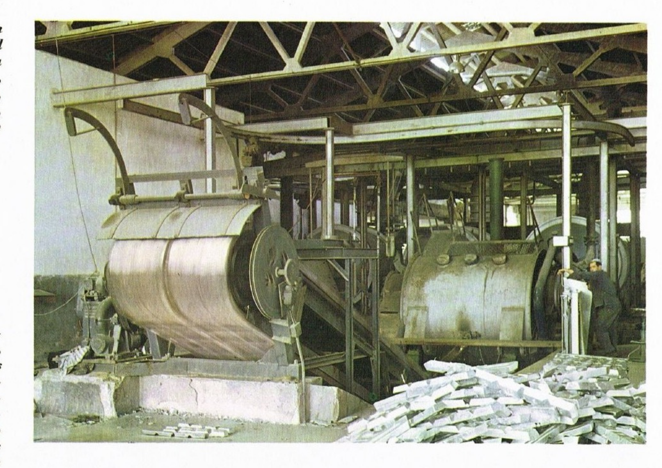
Aquí arriba, refinerías Shell en Rotterdam. La industria petrolífera ha adquirido relieve extraordinario, pues al refinar el petróleo se obtienen muchos derivados. A la derecha, aspecto de una industria petroquímica búlgara.

ondas "hertzianas" en forma de señales, creando con ello la telegrafía sin hilos. Marconi demostró por vez primera la posibilidad de la telegrafía sin hilos en 1899, cuando transmitió un mensaje a través del canal de la Mancha y dos años más tarde recibía en Terranova una señal lanzada desde Islandia.

La telegrafía sin hilos estaba destinada a revolucionar todo el sistema de comunicaciones. Mas, de la misma manera que el teléfono podía transmitir los sonidos, y entre ellos la palabra humana, también era lícito suponer que habría alguna forma de transmitir ésta a partir de las ondas hertzianas. La transmisión de sonidos, palabras, música, etc., mediante las ondas hertzianas no habría podido, ni mucho menos, alcanzar el grado de desarrollo que ha tenido y tiene sin un elemento fundamental: la válvula electrónica.

Edison en el siglo pasado, mientras investigaba acerca de la lámpara de incandescencia, descubrió que el filamento de una de estas lámparas podía retener una carga positiva, pero no una negativa. La introducción de

Convertidor y lingotera en una industria de obtención del aluminio. Este elemento ha adquirido gran importancia, sobre todo por sus aleaciones, en especial el duraluminio, que tiene su principal empleo en aeronáutica.



Obtención del acero por el procedimiento Martin-Siemens, que ha constituido uno de los grandes avances en los procesos metalúrgicos. En la actualidad, los resultados de la producción de acero han variado mucho al conseguir aleaciones con pequeñas cantidades de otros metales.



una plaqueta dentro de la lámpara indicaba que la corriente podía pasar de esta placa al filamento, pero no al revés. Esto no era más que una aplicación práctica de la teoría electrónica de J. Thomson. Un filamento incandescente puede emitir electrones, los cuales son atraídos por una placa cargada negativamente. Con esto nacía la válvula electrónica. El nombre de "válvula" hace pensar en los mecanismos existentes en máquinas convencionales, especialmente en motores y máquinas hidráulicas, que dejan pasar un fluido en una dirección, pero no en la contraria. El nombre de válvula electrónica indica, pues, sus cualidades, que dependen de las propiedades de los electrones.

Las primeras válvulas electrónicas, por poseer dos electrodos (ánodo y cátodo), se llamaron diodos. Más tarde se fueron perfeccionando, se introdujeron "rejillas" dentro de las válvulas y éstas se fueron haciendo cada vez más complejas. Nació el triodo, el pentodo..., etc. Estas válvulas podían convertir la corriente continua en alterna y viceversa (rectificadoras), podían "amplificar" las ondas (amplificadoras, es decir, aumentaban o amplificaban pequeñas variaciones de voltaje); también podían "regenerar" las ondas *(feed-back)*. Todos estos progresos se han ido desarrollando paulatinamente. En principio, las válvulas electrónicas eran grandes armatostes, mayores incluso que las lámparas de incandescencia o bombillas, pero con el diodo y el triodo (introducido por D. Forest

en 1905) ya se podía pensar seriamente en la radiodifusión.

Nacía, pues, la radio, que fue realmente una gran revolución en las comunicaciones. Podían comunicarse, no ya señales sin hilos, como la telegrafía sin hilos, sino toda clase de sonidos sin necesidad alguna de cables. Era posible la comunicación con barcos en alta mar, con ciudades y países distantes millares de kilómetros. En 1910, la emisora de la torre Eiffel, de París, lograba el primer programa de radio, que consistía en unas señales horarias. Luego, las necesidades de comunicación derivadas de la primera Guerra Mundial hicieron avanzar rápidamente la era de la radiodifusión, convirtiéndose este invento en algo realmente popular.

Al mismo tiempo, dos cuestiones más se relacionaron con la radio: por una parte, se había observado que los fenómenos atmosféricos producían alteraciones en la recepción de las ondas, lo cual motivó que se utilizase la radio para detectar el origen de determinados fenómenos atmosféricos. Por otra parte, cuando Marconi demostró la posibilidad de la telegrafía sin hilos, emitiendo las señales a través del Atlántico, sorprendió a todos los físicos de la época (exceptuando a F. Braun), puesto que era de suponer que las ondas electromagnéticas se alejarían de la superficie terrestre expandiéndose en el aire, y esto debido fundamentalmente a la curvatura de la Tierra. Más tarde se supo que las ondas hertzianas se propagan en forma de onda terrestre, longitudinalmente por su superficie, y en forma de ondas espaciales a partir de la superficie terrestre, pero que no escapan de la atmósfera del globo por reflejarse repetidas veces entre la capa de Heaviside, en la ionosfera, y la superficie de la Tierra.

Las ondas se juntan en determinados grupos según su longitud. Así, las ondas de 200 ó 300 metros de longitud de onda son las medias; las de 10 a 100 metros, las cortas, pero existen también las largas y las ultracortas. Las ondas, al difundirse, lo hacen, como hemos dicho, como ondas terrestres y como ondas espaciales, y si vuelven a encontrarse después de haber recorrido diferentes distancias aparece el fenómeno llamado *fading* o desvanecimiento. Las ondas cortas son las que se propagan especialmente en forma de ondas espaciales, reflejándose en las capas de la ionosfera; por esto son las que se debilitan menos y pueden alcanzar mayores distancias. Por otra parte, son también las que pueden dirigirse mejor mediante sistemas de antenas acopladas a los emisores.

El conocimiento de todos estos factores, y especialmente el hecho de que las ondas pudieran reflejarse en capas de la ionosfera, condujo a sir Edward Appleton a estudiarlo, demostrando que no existe una, sino varias capas reflectivas, compuestas de iones producidos por las radiaciones solares, en las altas capas de la atmósfera: la ionosfera. Estas capas actúan como espejos y reflejan las ondas hacia la superficie terrestre. Enviando ondas de una longitud muy corta se pudo medir la altura de estas capas considerando el tiempo que tardaban en volver a ser reflejadas a la Tierra.

Éste fue el "principio" del radar, en realidad una aplicación de los mismos principios que se habían dado a las ondas sonoras. Al igual que éstas, las ondas electromagnéticas retornan al punto de origen al chocar con un obstáculo. El sonar se había utilizado ya en la primera Guerra Mundial y el radar se utilizaría en la segunda. En este caso, las necesidades de la defensa aérea británica impulsaron decididamente el radar. Con el radar se puede determinar la posición tridimensional de los obstáculos, calcular su distancia, altura y posición. Más tarde se incorporó al radar un equipo que permite suprimir los ecos de los obstáculos físicos, con lo cual se eliminaron de las pantallas todos los puntos fijos y se hizo más sencilla la labor de observación.

Finalizada la segunda Guerra Mundial, y



Tubos de conducción del agua en la central hidroeléctrica de la presa de Akosombo (Ghana). Sin la energía eléctrica no hubiera sido posible el desarrollo de la gran industria en el mundo. En este tipo de producción eléctrica se aprovecha la energía mecánica del salto de agua.



Central térmica en Escombreras (España). Estas centrales utilizan la transformación del carbón en electricidad.

por el impulso que había recibido el radar, se estaba en condiciones de poder generar ondas cortas y ultracortas de manera poco costosa. Si en principio el radar se utilizaba para explorar espacios más o menos reducidos o próximos, pronto se pasó a poder utilizar su fundamento para exploraciones astronómicas. Emitiendo ondas se podría, pues, medir la distancia y posición de cuerpos extraterrestres y, por tanto, representaba una ventaja sobre los instrumentos ópticos, que sólo podían evaluar la dirección y los caracteres de las señales luminosas. Por otra parte, el hecho de que cuerpos celestes, tales como las estrellas (radioestrellas) y otros cuerpos, emitan por sí mismos ondas permiten captarlas mediante receptores altamente sensibles y perfeccionados (radiotelescopios), con lo que se han podido detectar estrellas no visibles ópticamente. Con esto aparecía la radioastronomía, y el estudio de las diversas ondas radioeléctricas ha alcanzado un amplio desarrollo y es de esperar que los resultados de las investigaciones radioastronómicas permitan descubrir muchos enigmas, en especial los relacionados con la formación del universo, campo de estudio éste que, junto con el del Sol, la Vía Láctea y los planetas de nuestro sistema, es el punto central de la radioastronomía. Uno de los obstáculos que se oponen a la investigación de las ondas radioeléctricas es la atmósfera terrestre, "impermeable" a muchas de las radiaciones de los cuerpos celestes, que emiten desde ondas hertzianas hasta rayos gamma.

Por otra parte, la aplicación de las ondas cortas y ultracortas ha repercutido en otros muchos campos de la tecnología. Las relaciones existentes entre las ondas y los electrones han hecho posible que puedan proyectarse chorros de electrones rapidísimos a partir de ondas electromagnéticas. Con ello se ha avanzado en el campo de los aceleradores de partículas: sincrotrones, ciclotrones, etcétera, que permiten el estudio analítico y descriptivo de las moléculas, así como el bombardeo del átomo por diversas partículas (especialmente neutrones).

Los experimentos y teorías de J. Thomson acerca de haces móviles de electrones abrieron el campo a todos los avances reali-



Turbogeneradores de electricidad en una central térmica. Estos grupos de turbina y alternador son los elementos productores de electricidad, sobre todo en las centrales térmicas.

zados en los tubos de rayos catódicos. Por otra parte, en 1873 se descubrieron propiedades fotoeléctricas en diversos elementos, especialmente en el selenio. Con esto, y con la posibilidad de manipular más o menos fácilmente ondas cortas de amplia banda, se abría la posibilidad de poder emitir la imagen. El principio teórico de la televisión fue ya previamente sentado por Campbell Swinton en 1911, y en 1926 Baird construía un ingenio mecánico que analizaba la imagen a partir de un disco con perforaciones en espiral que emitía señales en onda larga. Más tarde, el ruso Vladimir Zvorokin y Rosing, aplicando el principio de los rayos catódicos, construían y ponían a punto el "iconoscopio", consistente en una placa fotosensible constituida por pequeños puntos fotoeléctricos y en un "cañón" de electrones que bombardea la placa. El iconoscopio, instalado en la cámara captadora y emisora de la imagen, la barre y luego es recibida por aparatos receptores poseedores de un tubo de rayos catódicos que reproduce la imagen emitida de una manera sincrónica, gracias a la llamada señal de *video,* que lanza un impulso de sincronismo. El acoplamiento de un emisor de sonido produce, lógicamente, una "imagen sonora".

Para que la imagen pueda ser captada por el ojo humano son necesarios dos requisitos:

1.° Que los pequeños puntos luminosos que el iconoscopio descompone de la imagen sean transmitidos en menos de 1/10 de segundo.

2.° La propiedad que tiene la retina humana de retener durante breves instantes las imágenes luminosas.

La televisión utiliza ondas de longitud muy corta (6 m para imágenes de 450 líneas, lo que representa unos 3 millones de puntos luminosos por segundo, y 1,5 m para imágenes de 800 líneas, o sea 12 millones de puntos por segundo).

Al utilizar estas ondas, el alcance de la televisión es relativamente corto, por lo que se hace necesario instalar estaciones repetidoras. La utilización de satélites artificiales como estaciones de repetición hace posible la retransmisión en directo de las imágenes por todas las partes del globo.

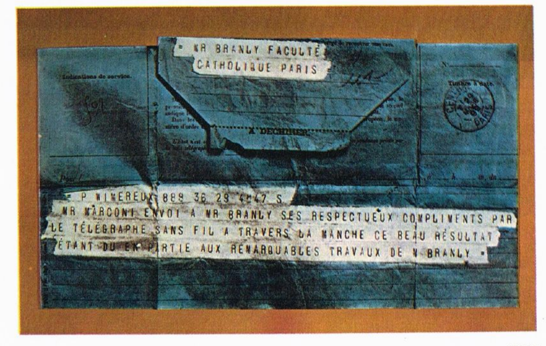
La televisión en color se basa en el mismo principio, aunque descompone la imagen, a partir de filtros, en tres colores: rojo, verde y azul, llamados respectivamente R, V, A; las imágenes así obtenidas son analizadas y luego mezcladas proporcionalmente, dando la señal Y.

El impacto de la televisión en la vida cotidiana ha sido enorme y ha representado un avance en los medios de comunicación sólo comparable al que tuvieron en su momento la imprenta y la radio. La transmisión de la imagen por la televisión (y por extensión a todos los instrumentos científicos que utilizan imágenes sensibles en tubos de rayos catódicos y oscilógrafos) ha abierto una nueva dimensión en las posibilidades de la percepción del hombre, cuyo cerebro dedica más de un 50 por 100 de su actividad al proceso de interpretar las imágenes que le son transmitidas por el ojo. En definitiva, el proverbio que dice "vale más una imagen que mil palabras" es fundamentalmente cierto, y de ahí, entre otras razones, la gran importancia y difusión de la televisión.

Pero el desarrollo de la electrónica planteaba cada vez más la necesidad de crear nuevos complementos, tanto más eficaces que las válvulas y mucho más reducidos en dimen-



Guillermo Marconi, inventor de un aparato para la telegrafía sin hilos (Biblioteca Nacional, París).



= MR BRANLY FACULTÉ
CATHOLIQUE PARIS =

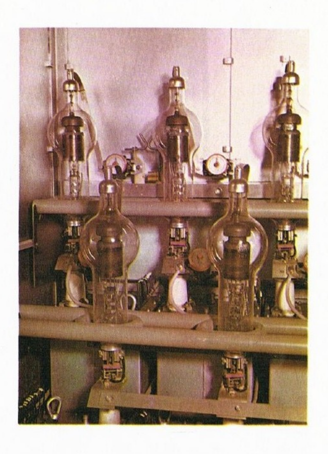
Indications de service.

À DÉCHIRER

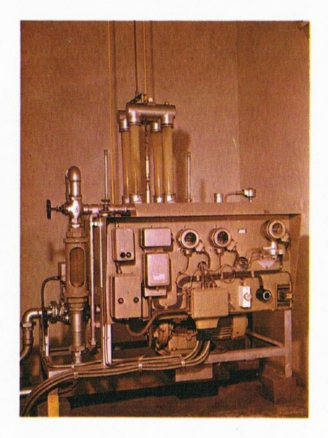
= P WIMEREUX 888 36 29 4H47 S
MR MARCONI ENVOI A MR BRANLY SES RESPECTUEUX COMPLIMENTS PAR LE TÉLÉGRAPHE SANS FIL A TRAVERS LA MANCHE CE BEAU RÉSULTAT ÉTANT DU EN PARTIE AUX REMARQUABLES TRAVAUX DE M BRANLY =

Telegrama que Marconi envió a E. Branly por telegrafía sin hilos a través del canal de la Mancha (Biblioteca Nacional, París).

Válvulas rectificadoras, una de las primeras creaciones de la electrónica, rama que ha alcanzado gran esplendor.



sión y costes. La física experimental había descubierto los semiconductores, que son, en esencia, sustancias que conducen poco la electricidad, pero cuya conductividad aumenta con la temperatura. El calor actúa en dichas sustancias alterando el ligamen de los electrones entre sí, de tal manera que se forman electrones libres que escapan de sus átomos correspondientes, y así estos electrones libres son el vehículo de conducción de la corriente eléctrica.



Antena emisora de radio del Centro Emisor del Nordeste (Barcelona). La aparición de la radio significó una gran revolución en las comunicaciones, pues se pudo establecer contacto con cualquier punto sin necesidad alguna de cables ni hilos.

Cada electrón, al abandonar su lugar, deja un hueco que será llenado por el electrón siguiente, y así sucesivamente. Si disminuye la cantidad de calor, desciende la conductividad. Un semiconductor puro ha de tener, teóricamente, el mismo número de huecos que de electrones, y tal es el caso del germanio y el silicio, cuyas propiedades se utilizan también como "rectificadores". Son los semiconductores intrínsecos, y pertenecen todos al grupo IV de la tabla periódica de los elementos químicos.

Si a un semiconductor puro se le añaden, en su proceso de formación, impurezas de elementos pentavalentes (como el fósforo y el arsénico) se producen semiconductores de tipo N (negativos), y si las impurezas son de elementos trivalentes (galio, aluminio), semiconductores P (positivos). Estos semiconductores "impuros" se llaman extrínsecos. Pueden hacerse combinaciones de estos semiconductores y uniones de semiconductores N y P. Así, existen semiconductores formados por una parte N y otra parte P, estableciéndose entre cada "polo" una diferencia de potencial, con lo que el paso de corriente puede hacerse más fácilmente de una parte a otra en sólo un sentido y no en el contrario, etc. Como se verá, por sus propiedades pueden sustituir a las válvulas termoiónicas.

Precisamente basándose en las propiedades de los semiconductores se han construido los transistores, a partir de las experiencias de J. Baarden, W. Brattain y W. Schockley en 1948, que les valieron el premio Nobel en 1956. Los transistores suelen estar formados por una base y dos electrodos, con lo cual poseen tres terminales. La base suele ser de germanio y equivale a la rejilla de las válvulas; los electrodos son: uno directo, que es el emisor y equivalente al cátodo, y el inverso o el colector, que equivale al ánodo. Existen fundamentalmente dos tipos de transistores: los de las puntas de contacto, que son los que hemos descrito, y los transistores de unión, de rendimientos más altos, basados en dos uniones P-N.

Los sincrotrones, ciclotrones y aceleradores de partículas fueron algunos de los productos imprevisibles del desarrollo de la ingeniería electrónica y de la manipulación de las ondas cortas. Pero no fueron los únicos, ya que las diversas posibilidades de conexiones entre diversos aparatos e ingenios electrónicos han abierto otro campo enorme: los predictores, los servomecanismos electrónicos y los telemandos, la cibernética y los computadores.

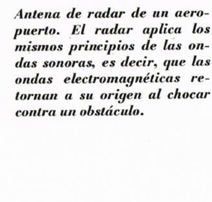
Se trataba, en principio, de poder construir máquinas capaces de efectuar con rapidez y precisión diversos movimientos. En realidad, la construcción de servomecanismos

estaba destinada a suplir, en la medida de lo posible, determinadas funciones del hombre.

Los servomecanismos son sistemas de control automático que contienen combinaciones de elementos sensoriales, tales como células fotoeléctricas y elementos mecánicos y motores conectados entre sí, de tal manera que puedan reaccionar mecánicamente ante estímulos captados sensorialmente. Los servomecanismos pueden reaccionar ante determinados estímulos y, gracias al dispositivo de realimentación negativa, asimismo autocorregir su comportamiento. A determinado estímulo corresponde una determinada respuesta, y si se llega a un error, la señal de respuesta se aprovecha para corregir, mediante aproximaciones sucesivas, el servomecanismo. Con los servomecanismos se ha logrado satisfactoriamente la sustitución de mucha maquinaria engorrosa y se puede, mediante los procedimientos electrónicos incorporados a los servomecanismos, ejecutar con extraordinaria rapidez toda una serie de operaciones que, caso de ser producidas de manera mecánica, requerirían grandes máquinas y gran cantidad de energía mecánica.

El término "cibernética" ya fue propuesto por Maxwell para la teoría del regulador de Watt, aunque el carácter actual del térmi-



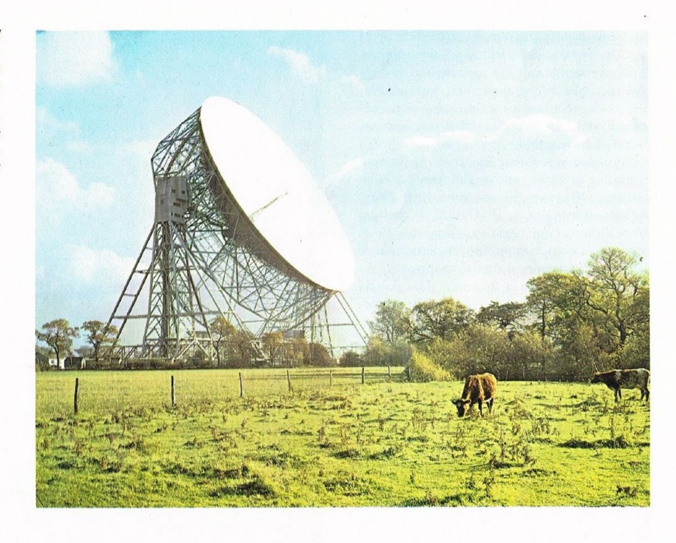


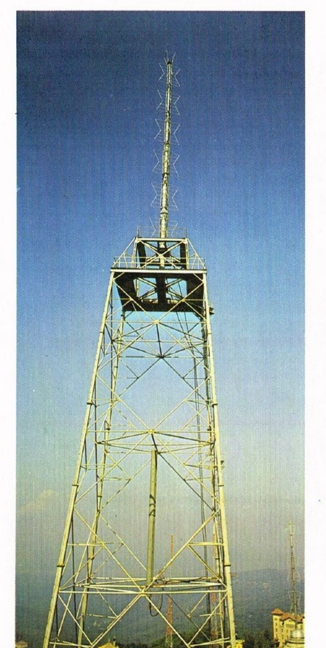
Antena de radar de un aeropuerto. El radar aplica los mismos principios de las ondas sonoras, es decir, que las ondas electromagnéticas retornan a su origen al chocar contra un obstáculo.



Pantallas de radar, en las que se refleja la posición tridimensional del obstáculo con que han chocado las ondas electromagnéticas.

Radiotelescopio de Jodrell Bank (Gran Bretaña). La radioastronomía es una nueva rama de la astronomía que capta, mediante receptores ultrasensibles llamados radiotelescopios, las ondas emitidas por los cuerpos celestes y detectar así estrellas no visibles ópticamente.



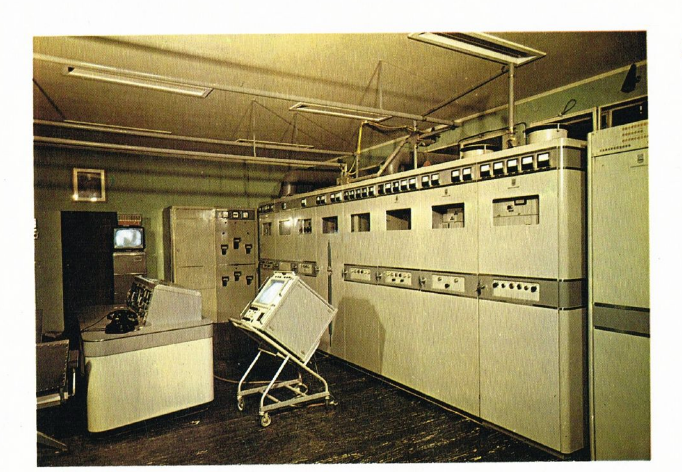


Torre metálica de la antena de televisión del Tibidabo (Barcelona). Esta importantísima aplicación de la electrónica se basa en el iconoscopio, instrumento que "barre" la imagen y la emite en forma de puntos luminosos que son recogidos por los receptores, donde se reproduce la imagen emitida.

no es el que le ha dado el fundador de la ciencia: Norbert Wiener. Cibernética proviene etimológicamente de *Kybernetikés* (conductor, piloto).

La cibernética como ciencia aparece dunológico de Massachusetts, en los que Norbert Wiener desarrollaba unos experimentos y teorías sobre cómo dirigir proyectiles. Se trataba de construir ingenios capaces de poder hacer en pocos instantes operaciones de computación para determinar y calcular la dirección y la trayectoria de los proyectiles. La existencia del "nervio artificial" de Ralph Lillie, la electrónica, el álgebra de Boole y algunos pasos que ya se habían dado anteriormente en este sentido hicieron posible la aparición de la cibernética, cuyo principio fundamental es la teoría de la información.

Los problemas de control y comunicación que aparecen en disciplinas tan dispares como la física, la fisiología, la psicología o la ingeniería eléctrica tienen, según Wiener demostró, algunos rasgos comunes. Así pues, la cibernética, como ciencia del control y la información, tiene una amplísima gama de aplicaciones y, por otra parte, aporta una disminución en la diferenciación entre sistemas "vivos" y "no vivos". Se aplica, pues, a rante la segunda Guerra Mundial a raíz de unos estudios efectuados en el Instituto Tecservomecanismos, a la neurología y fisiolo-



Sala de transmisiones de una emisora de televisión.

gía, a la biología, a la ingeniería de telecomunicaciones, etc.

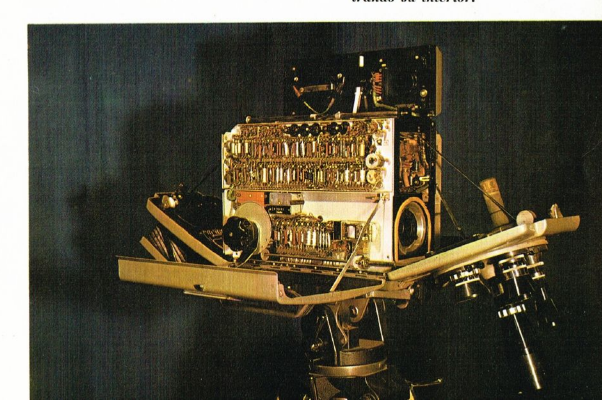
Como uno de los puntos principales de la cibernética están los conceptos de retroacción negativa, sistemas adaptativos y sistemas selectivamente reforzados, que modifican el comportamiento cuando se producen estímulos "ambientales". La dualidad de efectividad y procedimiento de decisión es uno de los pilares del pensamiento cibernético.

La cibernética se orienta, pues, a construir una teoría efectiva y producir modelos de comportamiento y, en definitiva, a construir dispositivos que adopten algunas características de los tres únicos tipos de "máquinas" existentes: *a)* máquinas secuenciales que reaccionan según un programa dado; *b)* máquinas de reacciones imprevisibles, pero que pueden dominarse a partir de transmitirles información, y *c)* máquinas como los seres vivos, cuyo comportamiento es en parte susceptible de ser predicho.

Se entiende, pues, el gran alcance de la cibernética en todas las capas del saber científico y especialmente en la tecnología de las computadoras, en la teoría de la información y en el estudio de la conducta animal. A su vez, los resultados de estas ciencias proporcionan datos a la cibernética, que, por ejemplo, aplica algunos de los principios de los seres vivos, tales como el de simplicidad o el de regulación, etc.

Como una de las más conocidas e importantes aplicaciones de la cibernética se halla la construcción de computadoras o calculadoras electrónicas. Históricamente se han producido decenas de intentos de crear máquinas que pudiesen suplir al hombre, e incluso superarle, en las operaciones aritméticas. Pascal diseñó una máquina de sumar que fue luego perfeccionada por Leibniz, y Torres Quevedo ideó diversas máquinas, autómatas y calculadoras capaces de resolver ecuaciones algebraicas, siendo su máquina de jugar al ajedrez uno de sus más curiosos inventos. Pero hasta que la tecnología electrónica no ha adquirido cierto nivel de desarro-

Cámara de televisión mostrando su interior.



INCIDENCIA DEL PROGRESO TECNOLOGICO DE LOS ORDENADORES EN LAS CONDICIONES DE VIDA

Si todos los avances tecnológicos representan de una manera más o menos directa, más o menos importante, un avance en las condiciones de vida del hombre, no cabe la menor duda de que la revolución tecnológica que viene produciéndose en la *informática* (ciencia del *tratamiento automático de la información* mediante ordenadores) ha de representar una de las etapas decisivas de la historia del hombre.

Mediante los ordenadores, el hombre puede plasmar la solución que ha desarrollado para un determinado problema en forma automatizada y definitiva. Es, en cierta manera, poder guardar "en conserva" el pensamiento humano. No hay que ir repensando, cada vez que se nos plantee un problema, los pasos lógicos que conducen a su solución. Basta hacerlo una única vez en forma simple y rigurosa *(programación)*, y cuando aparece de nuevo la necesidad de resolver el mismo problema, una simple llamada al *procedimiento* adecuado, que ha sido almacenado en la máquina, permite que ésta lo resuelva automáticamente. Y lo que añade aún mayor interés: con una fiabilidad prácticamente absoluta y una velocidad de millones de operaciones por segundo.

Contando con los ordenadores, la comunicación (transmisión de la información) adquiere inmensas posibilidades. Máquinas de muy diversos tipos pueden comunicarse entre sí y con el hombre, estableciéndose canales múltiples y flexibles de comunicación. La distancia es inapreciable para las velocidades electrónicas de transmisión.

El almacenaje de información se realiza sobre soportes magnéticos u ópticos que en reducidos volúmenes de unos pocos centímetros contienen millones de datos. Prácticamente todos los soportes de información imaginables están hoy en día incorporados a la tecnología de los ordenadores: discos, tambores, papel, caracteres impresos, microfilmes, televisión, radio, la propia voz humana en forma directa o grabada...

La recuperación de un dato o una información que se precisa admite una consulta selectiva a monstruosos bancos de datos en cuestión de pocos segundos. Si se organiza el archivo de la información en forma conveniente, puede programarse la obtención de respuesta a preguntas sumamente precisas, complejas y especializadas. Un único archivo racional permite manipular la información con una eficacia que sólo se podría obtener, con los procedimientos clásicos, con cientos de archivos de distinta organización y un tiempo de respuesta miles de veces superior, en el mejor de los casos.

En la actualidad, las mejoras tecnológicas que se introducen en los ordenadores van orientadas a la consecución de una velocidad en el cálculo y en el tratamiento de información cada vez mayor; a una capacidad de almacenamiento de datos cada vez más barata y de menor volumen; a una diversificación de soportes para la información y mejora de los ya existentes; a una mejora de los procedimientos de trabajo rutinarios de la máquina y de los procedimientos que simplifican la programación *(software)*; a una mejora y simplificación de la transmisión y recepción de datos a distancia, etc.

En todos estos extremos mencionados, el avance tecnológico podría venir representado por una curva exponencial, tan rápido es su desarrollo, pero, como todas las curvas exponenciales, tiende a disminuir el ritmo de crecimiento en forma progresiva. Donde el ritmo de crecimiento no va a disminuir, sino todo lo contrario, es en la utilización de los ordenadores, de la informática, como soporte tecnológico a la obtención de fines económicos y sociales. Contra lo que pueda parecer, en este extremo estamos todavía en un punto bajo de la curva y el ritmo de avance es, y seguirá siendo en los próximos años, realmente impresionante.

En la actualidad es ya una realidad que distintos ordenadores se conecten entre sí y establezcan redes de tratamiento y transmisión de información sumamente flexibles y complejas. Desde dos ciudades distintas, dos usuarios pueden estar consultando al mismo tiempo un mismo archivo de datos localizado en una tercera ciudad que dista miles de kilómetros de las anteriores. Desde a bordo de un buque, un ordenador que efectúa mediciones oceanográficas en tiempo real puede conectar, vía satélite de comunicaciones, con un ordenador situado en tierra firme que transmite consignas a toda una flota pesquera.

Las comunicaciones por aire, mar o tierra han desbordado ampliamente los conceptos actuales de telegrafía, telefonía o televisión. Todos los medios coexisten en forma intercambiable. En su domicilio particular de Boston, un ciudadano americano puede obtener la reproducción fotoestática de un periódico de Tokio en el mismo momento que la edición sale a la calle. Varias personas pueden recibir en un mismo instante la llamada de un mismo abonado. Es posible combinar de mil formas distintas los recursos telefónicos, telegráficos, televisivos y otros en una misma red de comunicación que gobiernan uno o varios ordenadores a propósito.

Es técnicamente factible que una anomalía en un proceso industrial produzca automáticamente una llamada telefónica o por radio al técnico especializado capaz de resolverla, sin más mediación humana.

Los alumnos de un mismo curso pueden estar siguiendo sus clases bajo el control de un ordenador que adapte el aprendizaje a las peculiaridades de cada alumno. El ordenador deduce de las respuestas que le proporciona el alumno el mejor método expositivo para un más rápido aprendizaje. Ningún profesor es capaz de retener en su memoria las dificultades de todos y cada uno de sus alumnos y mucho menos supeditar sus explicaciones al distinto nivel alcanzado por cada alumno. Un mismo ordenador puede, sin embargo, atender al mismo tiempo y en forma individualizada a todos los alumnos, aplicando a cada uno de ellos un escalonado distinto de diálogo. El mismo ordenador puede estar atendiendo a la vez las consultas administrativas o bibliotecarias del centro escolar.

Los fondos bibliográficos de muchas bibliotecas figuran, ya hoy en día, en catálogos únicos que almacena y procesa una red de ordenadores.

La atención de intervenciones quirúrgicas delicadísimas es servida en algunas clínicas norteamericanas por ordenadores especiales, diseñados al efecto.

La tendencia actual es la de diseñar ordenadores especializados en funciones muy específicas y en resolver el problema tecnológico que plantea la interfase de comunicación con un ordenador de tipo general, a fin de poderlo conectar a una red integrada de ordenadores diversos.

En un futuro nada lejano, los países más desarrollados poseerán redes unificadas de tratamiento y transmisión de información. La incidencia en la vida cotidiana de los ciudadanos de estos países es previsible en sus rasgos más fundamentales. La burocracia administrativa se habrá transformado profundamente y existirá en una forma "técnica" muy alejada del usuario. Toda la información concerniente a la situación administrativa de un ciudadano estará centralizada en los bancos de datos correspondientes y no hará falta recurrir a papeleo alguno para resolver los trámites legales y administrativos normales. Desaparecerá el documento como acreditativo, por ser innecesario. Los documentos podrán tener, máxime, un valor de recordatorio. A cada ciudadano le bastará con poseer su cédula de identificación. La modificación de la situación administrativa, escolar, sanitaria o financiera del mismo será registrada en el banco de datos central en el mismo momento en que se produzca, gracias a la terminal del ordenador que figure en el acto de la modificación.

Para conocer la situación concreta de un ciudadano bastará recurrir a una consulta del ordenador. La enorme redundancia actual de información y su gran inercia consecuente desaparecerán casi por

completo. Todos los centros escolares, sanitarios, administrativos, los propios domicilios, dispondrán de terminales adaptados a las funciones a cubrir.

Todos estos terminales tendrán en común la característica de poder ser activados por un ciudadano cualquiera mediante su cédula de identificación. Si uno de éstos desea conocer si existe una obra literaria sobre determinado tema de su interés, colocará su cédula de identificación en una terminal al efecto y formulará su demanda en un lenguaje estandardizado. Mediante una pantalla de televisión recibirá al instante la relación de obras que cumplen los requisitos expresados. Si desea obtener una de las obras indicadas, bastará con que así lo manifieste a la terminal. Una copia en microfilme o impreso le será remitida automáticamente. El importe de este servicio, suponiendo que no sea gratuito, le será contabilizado de forma automática. El uso del papel moneda será inexistente, puesto que se habrá convertido en innecesario.

La automatización llegará a niveles hoy insospechados. La atención de la salud, es sólo otro ejemplo, podrá realizarse desde el domicilio. Bastará suministrar por teléfono la cédula de identificación y los síntomas y molestias más notorios. El paciente será interrogado, sin prisas, correctamente, con toda su historia clínica, desde el día de su nacimiento, llevada al día y perpetuamente almacenada, hasta obtener el diagnóstico adecuado. Si el tratamiento a aplicar precisara el internamiento en un centro sanitario, el aviso a la ambulancia se realizaría automáticamente, como accesorio trivial.

Podrían aducirse muchísimos más ejemplos, pero inciden todos en el mismo contexto: un ciudadano individualizado por su cédula de identificación tendrá acceso a una asistencia automatizada impersonal, pero precisa y rigurosa, en los órdenes administrativos, laborales, económicos, sanitarios, escolares, etc., en una forma "mecánicamente" perfecta e igualitaria. El progreso tecnológico adquirido por la informática "puede" permitir realmente un progreso enorme, de los más importantes en la historia de la humanidad, en las condiciones de vida del hombre. Que se consiga o no es un problema que escapa a consideraciones tecnológicas.

L. G.

llo y estabilidad no pueden empezarse a construir las computadoras o "cerebros electrónicos".

Como definición esquemática y simplificada de computadora puede decirse que es una máquina electrónica capaz de realizar gran número de cálculos y operaciones en poco tiempo y que está dotada de una memoria que puede almacenar infinidad de datos.

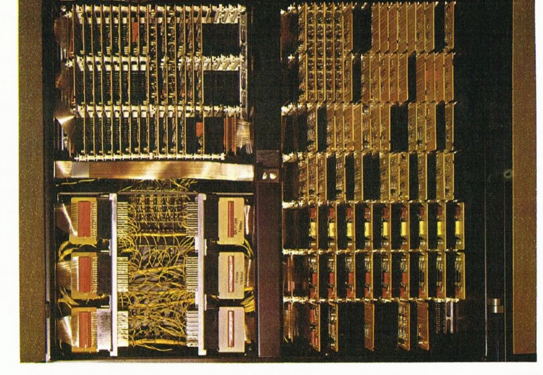
Para desarrollar esta actividad, las computadoras constan fundamentalmente de tres partes: unos dispositivos de entrada, un cuerpo central y unos órganos de salida.

Por los dispositivos de entrada se les suministra la información en forma de datos codificados y se programan las operaciones a realizar por la máquina. La manera de suministrar la información y el programa a la computadora tiene unas determinadas características: los datos se han de codificar de modo que la máquina los pueda captar y traducir a su propio lenguaje y deben suministrarse mediante diversos soportes, tales como fichas perforadas, bandas y tambores magnéticos, cintas perforadas, etc. En general, para las computadoras digitales se utiliza el sistema binario para codificar los datos y darle el programa a la máquina. A cada 0 y cada 1 le corresponde una "ausencia" o un "impulso" eléctrico. Los dispositivos de entrada son, junto con los de salida, aquellos mediante los cuales la máquina proporciona los datos solicitados o la resolución de operaciones diversas y múltiples mediante métodos similares a los que se introducen en la entrada, los órganos de contacto de la máquina con el exterior.

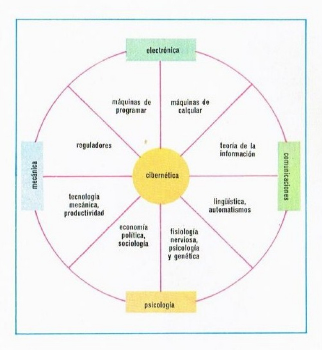
En el "cuerpo" central de la máquina se ubican la unidad de cálculo, la memoria y la unidad de mando. La información y el programa introducidos en la máquina pasan a la memoria, que almacenará dichos datos para poderlos usar en las operaciones que realizará la unidad de cálculo y para poder servirse de ellos cuando lo precise.

La unidad de cálculo es la encargada de realizar las operaciones y transmitirlas a la memoria y a la unidad de mando, que es la que coordina, siguiendo el programa, todos los pasos que ha de dar y realizar la máquina.

Según el tipo de operaciones que puedan realizar y la manera de actuar, las computadoras se clasifican en digitales y analógicas. Las computadoras analógicas transforman los números en magnitudes medibles que pue-



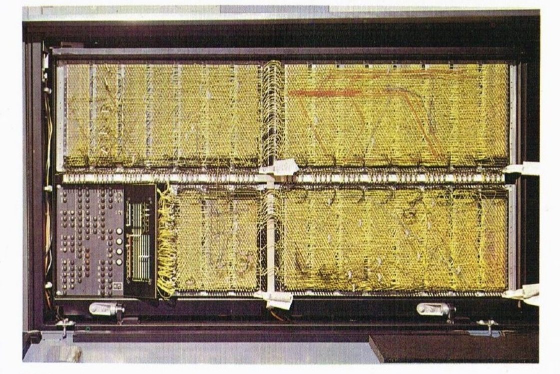
Transistores en la unidad de control de cintas magnéticas en un ordenador I.B.M. Los transistores, basados en las propiedades de los elementos semiconductores, han permitido el amplio desarrollo de la electrónica al reducir en gran medida el tamaño de las válvulas termoiónicas que hubieran sido precisas para su misma función.



den relacionarse con las operaciones deseadas, y son continuas en toda su escala. En éstas se producen situaciones análogas a la que hay que resolver. Las computadoras digitales operan con números discretos y se basan, por lo general, en sistemas binarios de numeración; son las que han experimentado un mayor desarrollo y las más utilizadas.

Las primeras computadoras digitales se construyeron a partir de los diseños mecánicos de Babbage, aunque las actuales ya nada o casi nada tienen que ver con aquellos primitivos diseños. A su vez, las computadoras digitales pueden clasificarse en diversas variedades: seriales, paralelas, bi, tri o n-direccionales, etc., y según el tipo de operaciones que realice la unidad de cálculo son aritméticas o lógicas.

Circuitos interiores de la unidad de control de cintas magnéticas en una computadora I.B.M.



Las cualidades más apreciadas de las computadoras son la capacidad que poseen y el lograr un mínimo tiempo de transmisión de los resultados por parte de la memoria. En este sentido se dirigen todas las tendencias de perfeccionamiento de las computadoras. Por ejemplo, en el almacenamiento de datos se trabaja con la posibilidad de memorias químicas y de gases.

Es difícil encontrar algo en toda la historia de la técnica y la tecnología cuyo desarrollo pueda compararse al que han experimentado las computadoras. Desde los primeros diseños de hace treinta años, se ha pasado a la construcción de diversos tipos y modelos de utilidades muy diversas y de campos de aplicación enormes. En la actualidad se utilizan masivamente tanto en la investigación científica como en las más diversas empresas, para la gestión de datos, para control de procesos de producción, tratamiento en tiempo real y optimización de rendimientos y planificaciones.

No es difícil encontrar hospitales dotados de computadoras que permiten obtener rápida y eficaz información y control de datos en pacientes que están en período de observación o en vía de intervenciones quirúrgicas. La obtención de datos la realiza, en este caso, la máquina misma, y a velocidades de milisegundos puede gobernar dispositivos automáticos que intervienen en la operación.

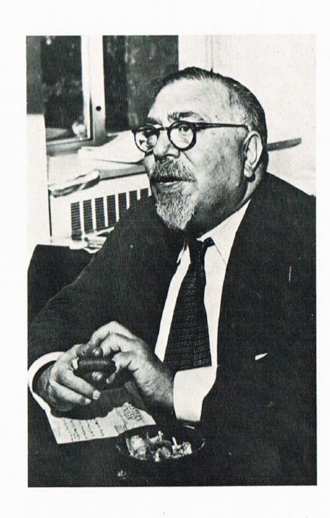
La utilización de computadoras permite el control de las trayectorias en los vuelos espaciales, consiguiendo, con este rapidísimo control, evitar desviaciones que a grandes velocidades representarían grandes ángulos de desfase con respecto a la trayectoria prevista. Igualmente en diversas ramas de la industria las computadoras permiten optimizar la producción, reduciendo esfuerzos inútiles y racionalizándola al máximo, así como gobernar, mediante sistemas de control, todos los pasos de la producción. En la banca y bolsa, en las señalizaciones del tráfico o en las reservas de plazas de avión, como en multitud de quehaceres, las computadoras tienen un importante papel.

La construcción de las computadoras, su tecnología o *handware,* tiene fundamentalmente dos tendencias generalizadas, que dependen de las cualidades de la máquina que más se aprecian: capacidad y tiempo de acceso. Por esto las tendencias en la construcción de las máquinas tienden a miniaturizar y acortar los circuitos y a utilizar componentes cada vez más perfeccionados, de cara a lograr un máximo de conexiones en un mínimo de espacio y reducir el tiempo de acceso, o sea mayor velocidad de respuesta.

En la tecnología de construcción y diseño de computadoras se habla de generaciones.

En las primeras computadoras se utilizaban circuitos de complicados cableados y válvulas electrónicas; corresponden a la primera generación (hasta 1946) y todas las máquinas de este tipo tenían una gran dificultad: un tamaño descomunal, unos tiempos de accesos grandes y problemas de fiabilidad y averías. Los avances en el campo de los semiconductores y los transistores representaron el inicio de la segunda generación. Las computadoras podían reducirse grandemente de tamaño y simplificar los circuitos, que además ya se fabricaban "impresos". En lugar de engorrosos chasis con cableados complicados y válvulas de gran tamaño, se utilizaron los circuitos impresos y los transistores. Esta segunda generación llegó hasta 1964, en que aparecieron los circuitos integrados, que se diferencian de los impresos en que mientras en éstos sólo se imprimían los recorridos de la conducción eléctrica, en los circuitos integrados se construyen ya directamente todas las piezas de conexiones; así aparecía la tercera generación.

Por otra parte, de los primeros transistores, del tamaño de una judía, se pasó a construirlos de tamaños que no pueden distinguirse a simple vista. Esto a su vez determinó la posibilidad de construir muchos transistores en un solo bloque de silicio (no ya germanio) muy pequeño, y de ahí surgía la posibilidad de la construcción de los circuitos monolíticos que dan paso a la cuarta generación. Si a ello se juntan los diversos procedimientos de creciente miniaturización de los dispositivos de memoria, se comprende el enorme cambio que ha experimentado la tecnología de las computadoras en un período de sólo treinta años.



Norbert Wiener, creador de la moderna cibernética.

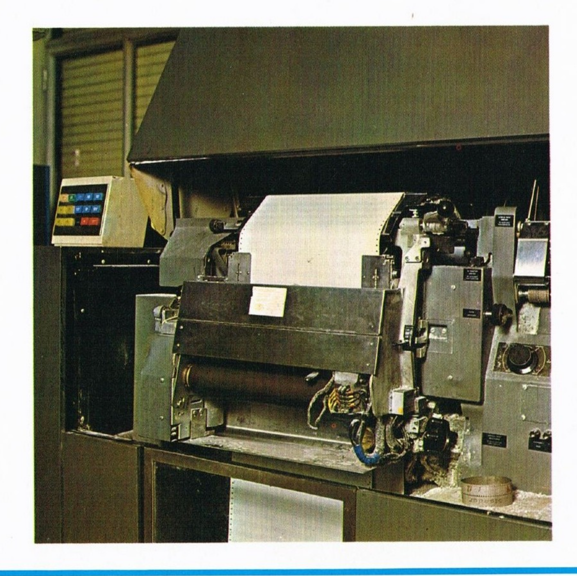
El hecho mismo de que existan computadoras que se utilicen para el diseño de componentes y circuitos de computadoras lleva a poder pensar en el gran avance que aún puede tener la tecnología de su fabricación, máxime si se tiene en cuenta que las computadoras permiten evaluar en pocos segundos millones de posibilidades distintas y ayudan con ello grandemente a la obtención de nuevas máquinas más perfeccionadas.



Unidad central de un procesador de datos en un ordenador I.B.M. Una de las aplicaciones más trascendentales de la cibernética ha sido la construcción de las computadoras o calculadoras electrónicas, máquinas que realizan muchísimos cálculos y operaciones en poco tiempo.

BIBLIOGRAFIA

Ayer, A. J.	*The Foundations of empirical knowledge,* Londres, 1947.
Bernal, J. D.	*Historia social de la ciencia,* Barcelona, 1967.
Burstall, A. F.	*A History of Mechanical Engineering,* Londres, 1966.
Diebold, J.	*Automation,* Nueva York, 1953.
Dunsheat, P.	*A Century of Technology,* Londres, 1951.
Enciclopedia	*Salvat de la Ciencia y la Tecnología* (15 vols.), Barcelona, 1968 (2.ª reimpresión).
Klemm, F.	*A History of Western Technology,* Londres, 1959.
Kuhn, T. S.	*The Structure of Scientific Revolutions,* Chicago, 1962.
Lilley, S.	*Automation and Social Progress,* Londres, 1957.
Mees, C. E. K., y Leermakers, J. A.	*The organization of Industrial Scientific Research,* Nueva York, 1950.
Revolutions	*Informatiques,* Centre Culturel International de Cérisy-la-Salle.
Wiener, N.	*Cybernetics,* Nueva York, 1961 (2.ª ed.).



Impresora de una computadora I.B.M.